

Convention N° : 011076



ADEME



Rapport Final

Décembre 2003

Organismes partenaires : Office national des Forêts
Syndicats des scieurs de Guyane

Coordinateur : Centre Technique des Bois de Guyane
CIRAD Forêt Programme Bois ZI Pariacabo
BP 701 97387 Kourou French Guyana

**VALORISATION DES BOIS DE GUYANE PAR
MELANGE D'ESSENCE POUR UN EMPLOI EN CHARPENTE**

**VALORISATION OF THE FRENCH GUYANA SPECIES
MIXED IN CARPENTRY USE**

J. Beauchêne, S. Mouras

**N° du Contrat ADEME :
Date de début du contrat : 22 novembre 2001
Durée du contrat : 2 ans
Non du responsable ADEME : Vivian LOUVEL**

Confidentialité : NON

Valorisation des bois de Guyane par mélange d'essences pour un emploi en charpente

CIRAD Forêt Programme Bois

Rapport final
Décembre 2003

Résumé : Face à la fluctuation et aux limites de la ressource en Gonfolo de la forêt Guyanaise, il apparaît indispensable aussi bien pour les utilisateurs de la filière bois, que pour le gestionnaire forestier, de trouver des essences de remplacement à cette essence de charpente. Les principaux résultats de cette étude sont la création et la validation de deux groupes d'essences pouvant être utilisés en mélange en charpente

- Le premier groupe ne nécessitant qu'un traitement par trempage. Ce groupe comprend le Jaboty le Goupi et l'Alimiao.
- Le second groupe nécessite un traitement en autoclave, il comprend les espèces suivantes : le balata blanc, le balata pomme, le Maho cigare, le Maho coton, le Satiné blanc, le Yayamadou, le Bougouni, le cèdre blanc.

La disponibilité de ces deux groupes est relativement conséquente puis qu'elle est estimée à 2 m³/ha pour le premier et 3 m³/ha pour le second. Les essais réalisés sur le Yayamadou ont montré une aptitude mécanique en dimension d'emploi suffisante pour un usage en charpente. Les essais d'imprégnabilité et d'efficacité de traitement montrent que les essences sélectionnées sont aptes à recevoir un traitement de préservation et à être utilisées dans la classe de risque requise. En conclusion, il paraît indispensable pour la survie et la croissance de la filière bois guyanaise, d'entreprendre l'exploitation d'essences non durables du groupe bois à traiter en autoclave.

Deux conditions sont alors nécessaires à cette évolution : 1) adapter les techniques d'exploitation et de gestion des stocks pour réduire au maximum le temps entre l'abatage et le sciage 2) s'équiper en autoclave.

Sommaire

Introduction	4
<i>I - Disponibilité des essences du groupe trempage.....</i>	<i>5</i>
I1 - Disponibilité du Gonfolo	5
I2 - Disponibilité du Goupi	6
I3 - Disponibilité du Jaboty	6
I4 - Disponibilité de l'Alimiao.....	7
I5 - Disponibilité du Chawari.....	8
I6 - Conclusion groupe trempage.....	8
<i>II - Disponibilité des essences du groupe traitement en autoclave.....</i>	<i>8</i>
II1 - Disponibilité des « Balatas blancs »	8
II2 - Disponibilité du Balata pomme.....	9
II3 - Disponibilité du Bougouni	9
II4 - Disponibilité de l'Aganananga.....	10
II5 - Disponibilité du groupe des encens (Moni)	10
II6 - Disponibilité Maho cigare (Inguipipa).....	11
II7 - Disponibilité du Dokali	12
II8 - Disponibilité du Maho coton.....	12
II9 - Disponibilité des Cèdres.....	13
II10 - Disponibilité du Yayamadou.....	14
II12 - Conclusion groupe traitement en autoclave	14
<i>III - Essais d'imprégnation par trempage</i>	<i>15</i>
III1 - Protocole d'essais.....	15
III2 – Résultats	16
A Mesure de la cinétique d'absorption	16
B Comparaison des 7 espèces testées.....	16
III3 - Conclusion	17
<i>IV – Essais en dimension d'emploi</i>	<i>17</i>
IV1 - Description de l'essai.....	17
IV2 - Résultats sur le Gonfolo.....	18
IV3 - Essais sur Yayamadou	20
<i>V – Essais pourriture molle prénorme ENV 807.....</i>	<i>24</i>
V1 Protocole d'essai.....	24
V2 Résultats	25
<i>VI – Conclusion et perspective de l'étude</i>	<i>26</i>
Bibliographie	27

Introduction

Au terme des dix-huit mois d'étude nous avons abouti à un consensus comprenant deux groupes d'essences utilisables en mélange comme bois de charpente ; le premier groupe utilisable en charpente après un traitement par trempage et le deuxième groupe d'essences utilisables après un traitement en autoclave (cf. rapport 1 & 2) :

Tableau 1 Quelques propriétés des deux groupes sélectionnés

	Nom commun	Espèce	Plage densité	Champ	Term	Imp
1er groupe (trempage)	Alimiao	<i>Pseudopiptadenia spp.</i>	0,70 - 0,80	3	3	3
	Chawari	<i>Caryocar spp.</i>	0,70 - 0,80	4	3	3
	Gonfolo	<i>Qualea spp. & Ruizterania albiflora</i>	0,65 - 0,75	4	3	2
	Goupi	<i>Goupia glabra</i>	0,80 - 0,90	4	2	2
	Jaboty	<i>Erisma uncinatum</i>	0,55 - 0,60	2	5	2

2ème groupe (autoclave)	Balata blanc	<i>Micropholis spp.*</i>	0,60 - 0,90	4-5	2-4	2
	Balata pomme	<i>Chrysophyllum sanguinolentum</i>	0,70 - 0,80	5	3	
	Bois pagode	<i>Inga alba</i>	0,60 - 0,70	5	5	2
	Cèdre jaune, noir, gris	<i>Ocotea spp.*</i>	0,60 - 0,80	3-5	1-5	2-3
	Flambeau rouge	<i>Catostemma fragrans</i>	0,70 - 0,90	5	5	1
	Grand moni	<i>Trattinickia rhoifolia & Trattinickia burserifolia</i>	0,55 - 0,60	5	3	2
	Maho cigare	<i>Couratari guianensis & C. spp.*</i>	0,60 - 0,70	5	5	1
	Maho coton	<i>Eriotheca crassa</i>	0,55 - 0,70	5	5	1
	Moni	<i>Thyrsodium guianense</i>	0,70 - 0,80			
	Moutende Kouali	<i>Vochysia guianensis¹</i>	0,55 - 0,65	4	5	3
	Takina	<i>Brosimum utile</i>	0,60 - 0,70	5	5	1
	Yayamadou	<i>Virola spp.</i>	0,43 - 0,66	5	5	1

Résistance naturelle aux champignons	Val.	Résistance naturelle aux termites	Val.	Imprégnabilité	Val.
très durable	1	très résistant	1	bonne	1
durable à très durable	2	résistant	2	moyenne	2
durable	3	moyennement résistant	3	mauvaise	3
moyennement durable	4	peu résistant	4		
peu ou non durable	5	non résistant	5		

Dans ce rapport nous allons détailler la disponibilité réelle des essences de chacun des groupes, puis nous nous pencherons sur l'imprégnabilité par trempage des essences du groupe 1 et enfin nous nous attacherons à présenter les résultats sur la résistance mécanique du Gonfolo et du Yayamadou en dimension d'emploi ainsi que les essais d'efficacité du traitement sur le Yayamadou.

¹ Le Moutende Kouali n'étant pas imprégnable il ne peut être dans retenu dans ce groupe d'essence à traiter par autoclave.

I - Disponibilité des essences du groupe trempage

Pour donner une bonne estimation de la disponibilité des essences sélectionnées en forêt nous avons utilisé les résultats des inventaires réalisés par l'ONF et le CTFT entre 1974 et 1976 sur une surface totale d'environ 500000 ha. Ces résultats sont comparés aux données (plus précises sur l'identification des essences) de l'inventaire de Counami (1999) sur une forêt de 10000 ha.

Les volumes estimés sont calculés à partir de la surface terrière (surface de bille correspondant à la mesure du diamètre à 1 m 30) que l'on multiplie par 10. Cette estimation de volume est simple et en général, assez proche des modèles complexes prenant en compte la conicité des fûts et la hauteur moyenne des billes.

I1 - Disponibilité du Gonfolo

Bien que l'appellation regroupe au moins huit espèces en Guyane, les deux espèces *Qualea rosea* & *Ruitzerania albiflora* constituent l'essentiel de l'exploitation. La figure 1 nous montre une bonne répartition du Gonfolo dans les classes de diamètre 55 à 85, ce qui explique aussi sa popularité.

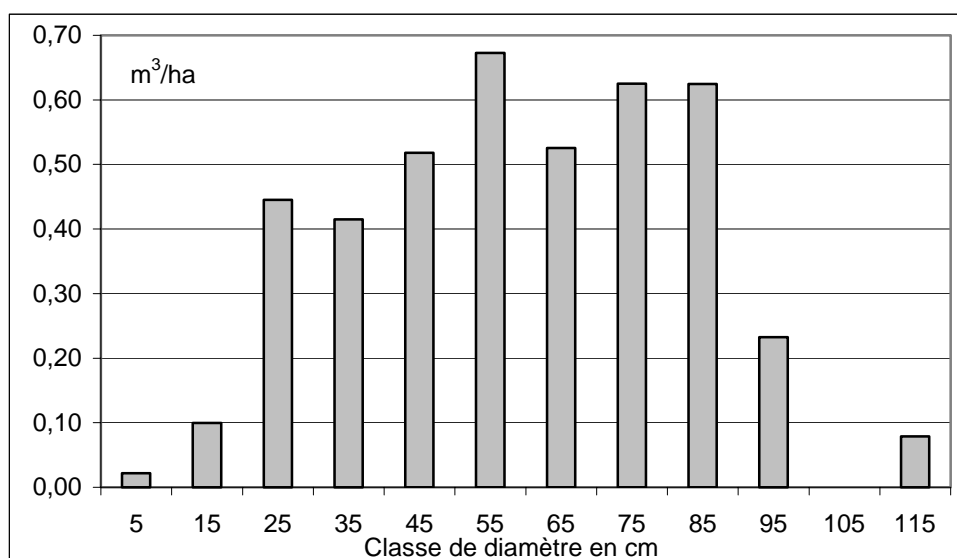


Fig. 1 Estimation du volume disponible par classe de diamètre pour le Gonfolo sur la forêt de Counami

Sa disponibilité en volume est la suivante :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	3,28 m³/ha	2,51 m³/ha
Diamètres supérieurs à 60 cm	2,09 m³/ha	

Les Gonfolos sont souvent répartis en poche ce qui explique leur disponibilité assez variable d'une forêt à l'autre. De plus, certaines provenances sont systématiquement beaucoup plus tarées que d'autres (les défauts les plus fréquents sont la veine verte et le mulotage). Dans la forêt de Counami, par exemple, où l'exploitation a déjà eu lieu le prélèvement a été inférieur à 1 m³ par ha du fait de la mauvaise qualité des grumes.

La disponibilité moyenne du Gonfolo est raisonnablement comprise **entre 1 et 2 m³/ha**.

12 - Disponibilité du Goupi

Le Goupi (*Goupia glabra*) est une essence pionnière qui persiste en forêt primaire, il a une courbe de répartition diamétrique par classe régulière avec un maximum dans la classe 50-60 cm.

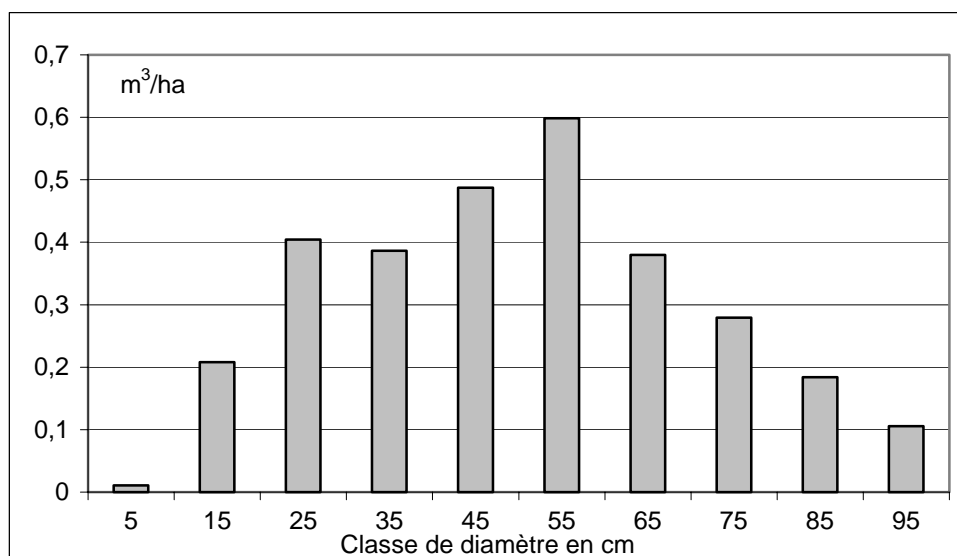


Fig. 2 Estimation du volume disponible par classe de diamètre pour le Goupi sur la forêt de Counami

Sa disponibilité en volume est la suivante :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	2,03 m³/ha	3,40 m³/ha
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,95 m³/ha	

Le Goupi est une essence très intéressante du fait de sa bonne croissance et de sa plasticité écologique. C'est aussi la première essence de charpente du Surinam. Sa disponibilité d'environ **1 m³/ha** et sa bonne réputation en font une essence clef dans ce groupe trempage.

13 - Disponibilité du Jaboty

Le genre *Erismia* est représenté par 3 espèces en Guyane, mais l'espèce *Erismia uncinatum* est presque la seule à être exploitée.

La disponibilité en volume du Jaboty est la suivante :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	0,43 m³/ha	Regroupé avec les Koualis
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,31 m³/ha	

Bien que la disponibilité soit relativement faible **0,3 m³/ha**, les arbres de gros diamètre ne sont pas rares et leur volume est sous estimé par notre méthode de calcul.

Etant donné ses qualités intrinsèques, le Jaboty ne doit pas être négligé s'il doit renforcer le volume de bois utilisable en charpente.

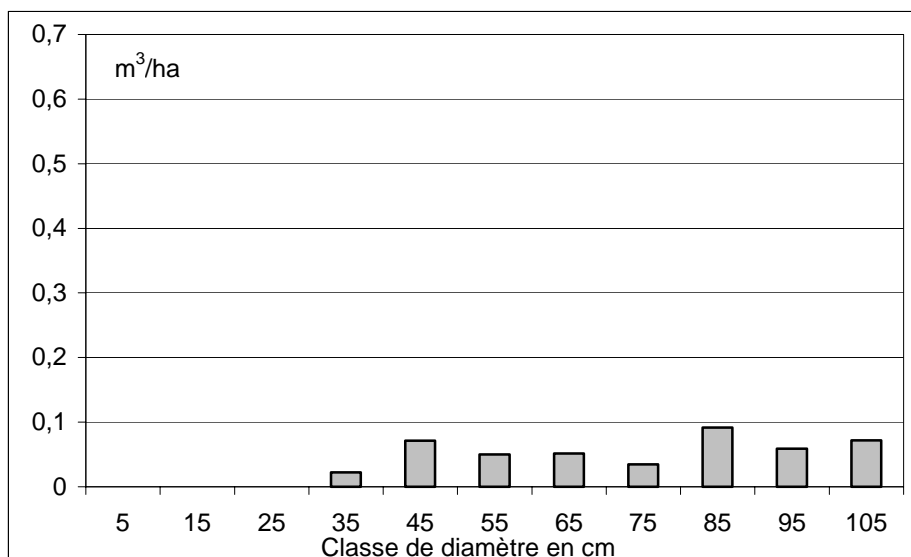


Fig. 3 Estimation du volume disponible par classe de diamètre pour le Jaboty sur la forêt de Counami

I4 - Disponibilité de l'Alimiao.

L'Alimiao est une essence de lumière relativement éparse en forêt mais toujours présente. Il existe deux espèces *Pseudopiptadenia suaveolens* & *Pseudopiptadenia psilostachya*.

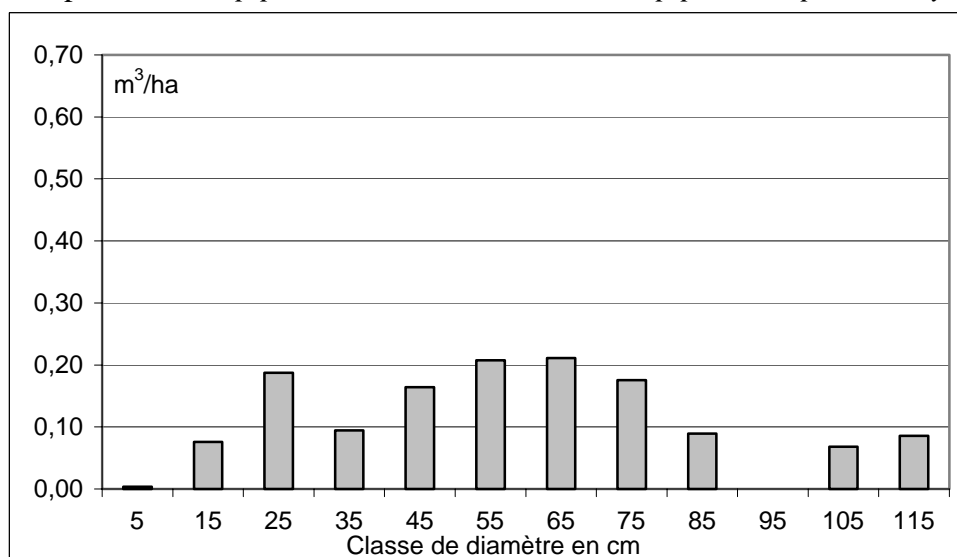


Fig. 4 Estimation du volume disponible par classe de diamètre pour l'Alimiao sur la forêt de Counami

Sa disponibilité en volume est la suivante :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	1,00 m³/ha	1,25 m³/ha
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,63 m³/ha	

L'Alimiao ne fait pas partie des essences sciées en scierie. Sa présence est soit exceptionnelle soit anonyme (regroupé sous l'appellation bois de coffrage) ; Pourtant les volumes potentiels sont d'au moins **0,63 m³/ha**, (ce qui est bien plus que des essences comme l'Ebène verte ou le Parcouri que l'on retrouve pourtant régulièrement en scierie) nous incite à préconiser l'utilisation de cette essence.

15 - Disponibilité du Chawari.

Le volume disponible à Counami pour Chawari est de l'ordre de 1,22 m³/ha pour les arbres de plus de 60 cm de diamètre. Toutefois, les espèces présentées majoritairement sont *Caryocar glabrum* et *Caryocar microcarpum*, ces deux espèces sont réputées pour leur instabilité dimensionnelle.

Les espèces plus stables seraient *Caryocar villosum* ou *Caryocar nuciferum*, or, ils sont absents des inventaires. Donc pour l'instant et tant qu'il n'y aura pas une identification plus précise de la part des exploitants, le Chawari est exclu de notre choix trempage.

16 - Conclusion groupe trempage.

Les trois essences Goupi, Alimiao et Jaboty représentent ensemble un volume exploitable d'environ **1,9 m³/ha**, ce qui constitue l'équivalent de la disponibilité du Gonfolo.

La disponibilité des ces essences est plus éparpillée que le Gonfolo qui a une répartition agrégative plus facile à exploiter. Cependant, la qualité des billes est (au moins pour le Jaboty et le Goupi) souvent bien plus homogène que celui-ci.

II - Disponibilité des essences du groupe traitement en autoclave

III1 - Disponibilité des « Balatas blancs »

Plus connu sous l'appellation internationale Couroupixa, les balatas blancs regroupent en Guyane les noms communs Bakouma, Mamantin et parfois Akoinsiba. Le genre intéressant pour l'utilisation en charpente est surtout le genre *Micropholis*. L'appellation Akoinsiba regroupe à la fois des espèces du genre *Micropholis* mais aussi certaines du genre *Pouteria*.

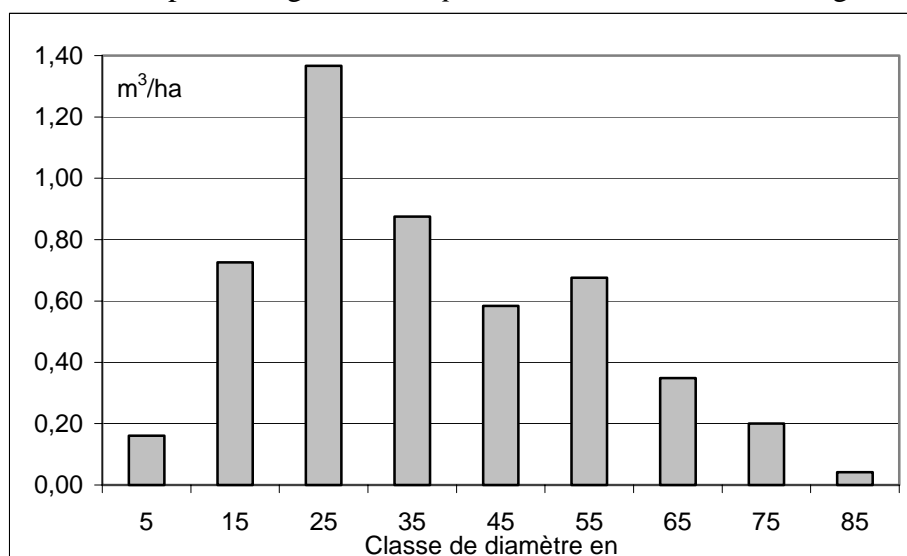


Fig.5 Estimation du volume disponible par classe de diamètre pour le groupe des « Balatas blancs » sur la forêt de Counami

La figure 5 expose la disponibilité en volume des Bakouman et des Mamantin. Nous avons volontairement retiré le groupe des Akoinsiba trop hétérogène dans son identification. Le volume potentiel disponible est sans doute sous-estimé dans la forêt de Counami par rapport aux inventaires ONF/CTFT. Il doit, cependant, être plus proche de la réalité pour ce qui est de la disponibilité des espèces pouvant être utilisées en charpente.

Disponibilité des « Balatas blancs » en volume :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	1,53 m³/ha	2,90 m³/ha
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,51 m³/ha	

II2 - Disponibilité du Balata pomme

Relativement fréquent en forêt, le Balata pomme (*Chrysophyllum sanguinolentum*) n'est pas bien représenté dans les gros diamètres. Sa disponibilité en bois exploitable sur Counami est faible. Plus fendif que les balatas blancs, il n'est pas scié actuellement. Nonobstant, sa fréquence importante dans certaines forêts, l'imprégnabilité de son bois et ses bonnes propriétés mécaniques font que cette essence reste dans notre sélection de bois autoclavable.

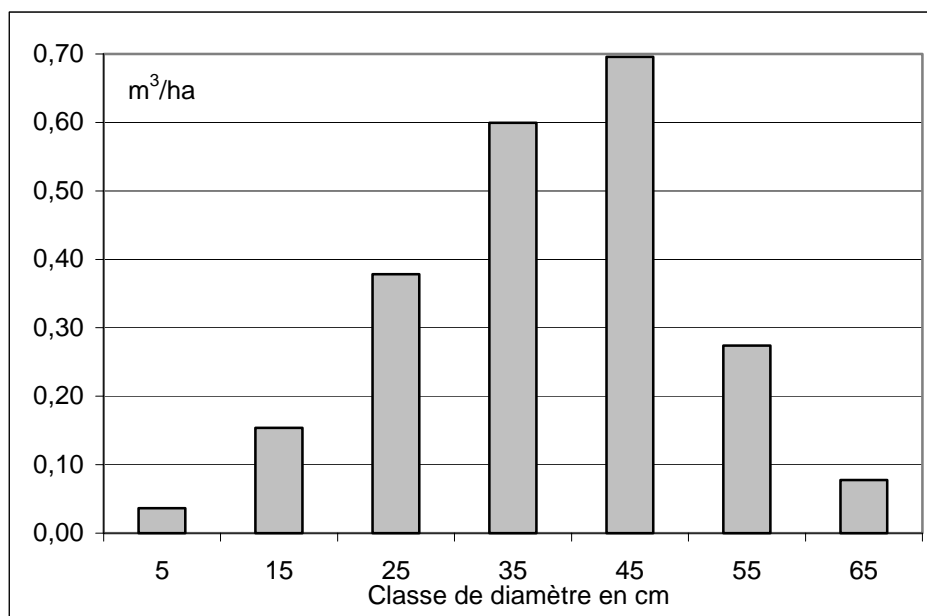


Fig. 6 Estimation du volume disponible par classe de diamètre pour le Balata pomme sur la forêt de Counami

La disponibilité en volume du Balata pomme :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	1,05 m³/ha	2,41 m³/ha
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,08 m³/ha	

II3 - Disponibilité du Bougouni

Le Bougouni (*Inga alba*) fait parti du grand groupe des Ouekos ou pois sucrés (genre *Inga*). Il est en général traité un peu à part en scierie, du fait que son identification est plus aisée que les autres espèces du genre. Assez faiblement représenté, le Bougouni n'en est pas moins une essence intéressante dans notre groupe de bois traité par autoclave.

La disponibilité en volume du Bougouni :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	0,56 m³/ha	Regroupé avec les autres Oueko
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,17 m³/ha	

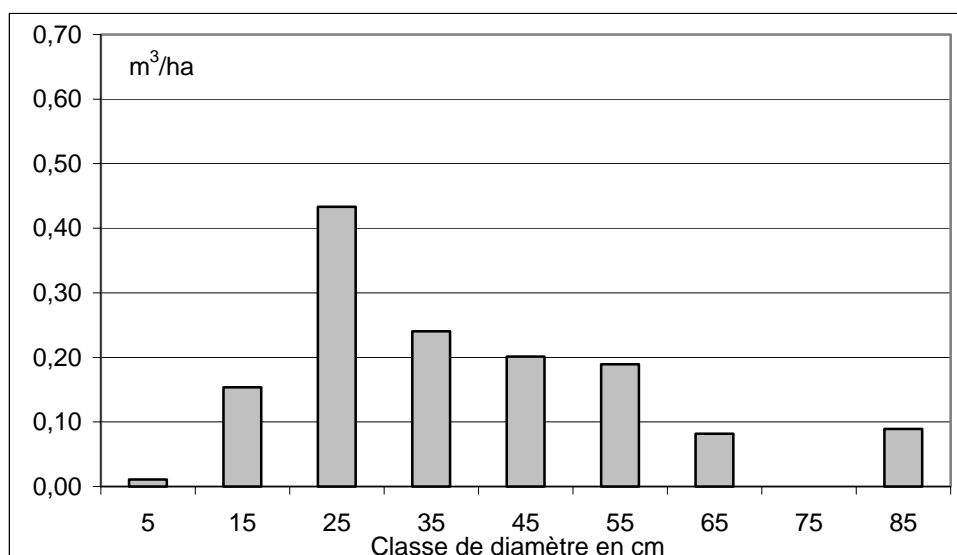


Fig. 7 Estimation du volume disponible par classe de diamètre pour le Bougouni pomme sur la forêt de Counami

II4 - Disponibilité de l'Aganananga

La disponibilité de l'Aganananga (*Castotema fragens*) dans les diamètres exploitables semble nulle dans les inventaires, nous ne pouvons donc pas retenir cette essence.

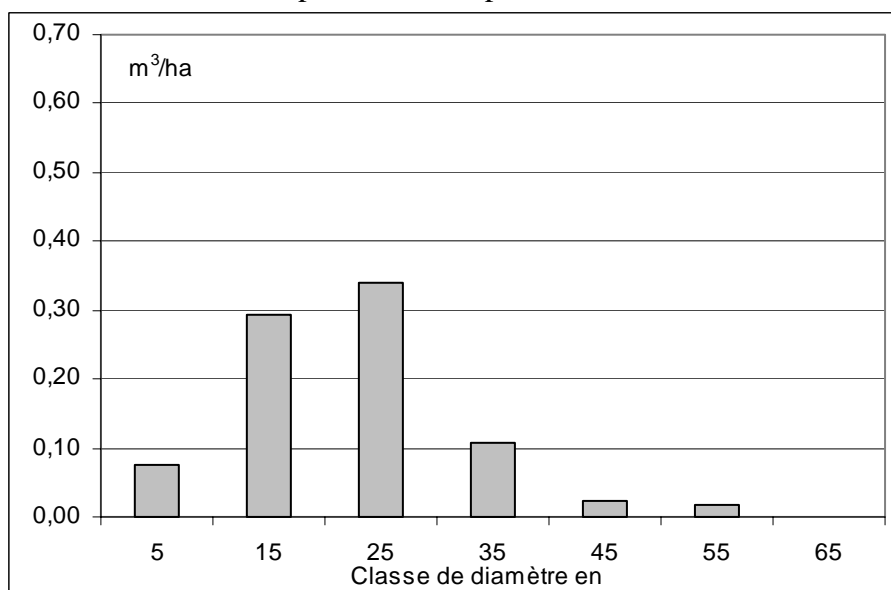


Fig. 8 Estimation du volume disponible par classe de diamètre pour l'Aganananga sur la forêt de Counami

La disponibilité en volume du *Castostemma fragans* :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	0,04 m³/ha	Non répertorié
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,00 m³/ha	

II5 - Disponibilité du groupe des encens (Moni)

En regroupant les différentes espèces du genre *Protium* et du genre *Dacryodes*, la disponibilité en diamètre exploitable reste toujours insuffisante pour envisager un approvisionnement industriel au moins dans la forêt de Counami. Le genre *Trattinickia* n'est pas présent dans la forêt de Counami.

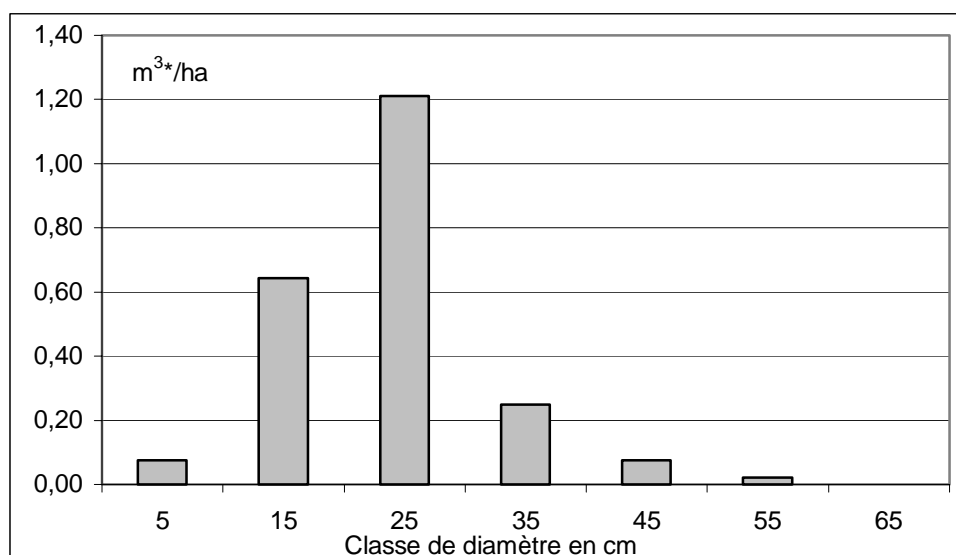


Fig. 9 Estimation du volume disponible par classe de diamètre pour les encens sur la forêt de Counami

La disponibilité en volume des encens :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	0,10 m³/ha	0,78 m³/ha
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,00 m³/ha	

II6 - Disponibilité Maho cigare (Inguipipa)

Regroupant au moins trois espèces de *Couratari* sur l'inventaire de Counami, le maho cigare est une essence connue sur le plan international sous l'appellation Tauari.

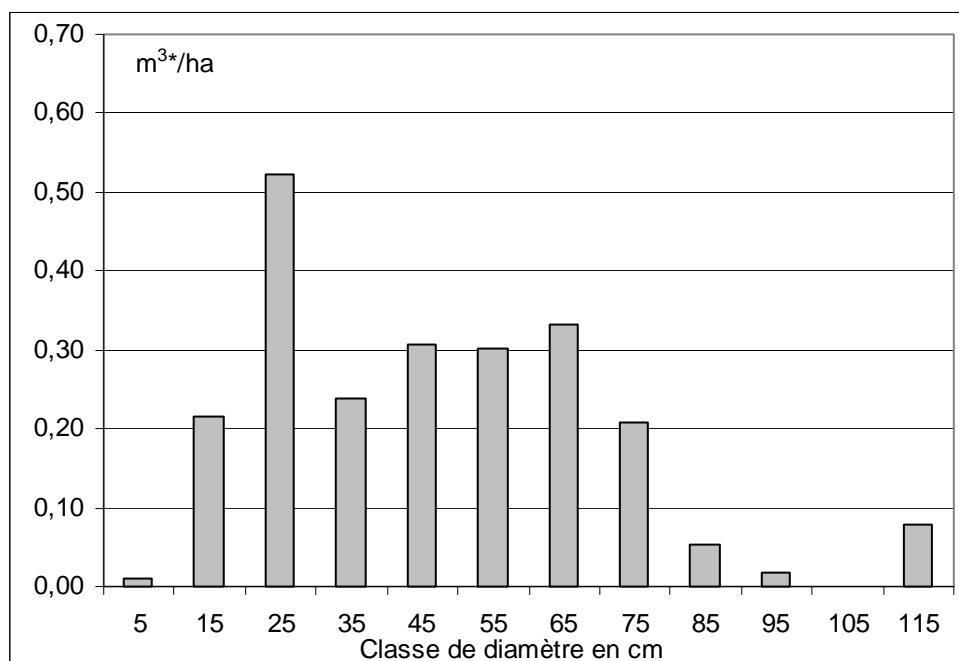


Fig. 10 Estimation du volume disponible par classe de diamètre Des maho cigare sur la forêt de Counami

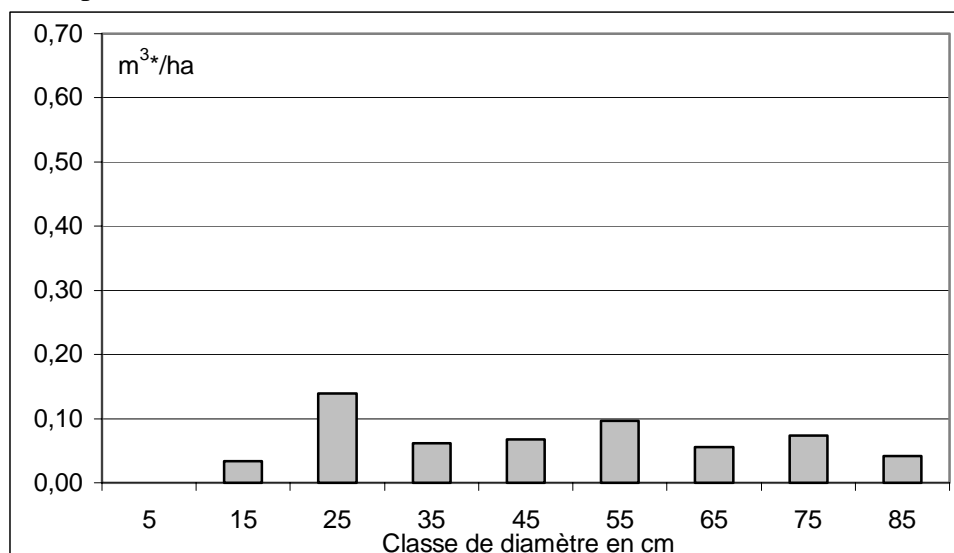
La disponibilité en volume des maho cigare :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	1,28 m³/ha	1,29
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,67 m³/ha	

Le volume des maho cigares exploitables est relativement conséquent par rapport aux autres essences de notre sélection. N'étant pas exploité actuellement, il mérite donc toute l'attention de la filière dans sa transformation.

II7 - Disponibilité du Dokali

Là encore, nous avons affaire à un petit groupe d'espèces du genre *Brosimum*. Souvent appelés par les profanes « *Brosimum* à bois blancs ».



**Fig. 11 Estimation du volume disponible par classe de diamètre
Des *Brosimum* à bois blancs dans la forêt de Counami**

La disponibilité en volume des Dokali :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	0,34 m³/ha	Non répertorié
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,17 m³/ha	

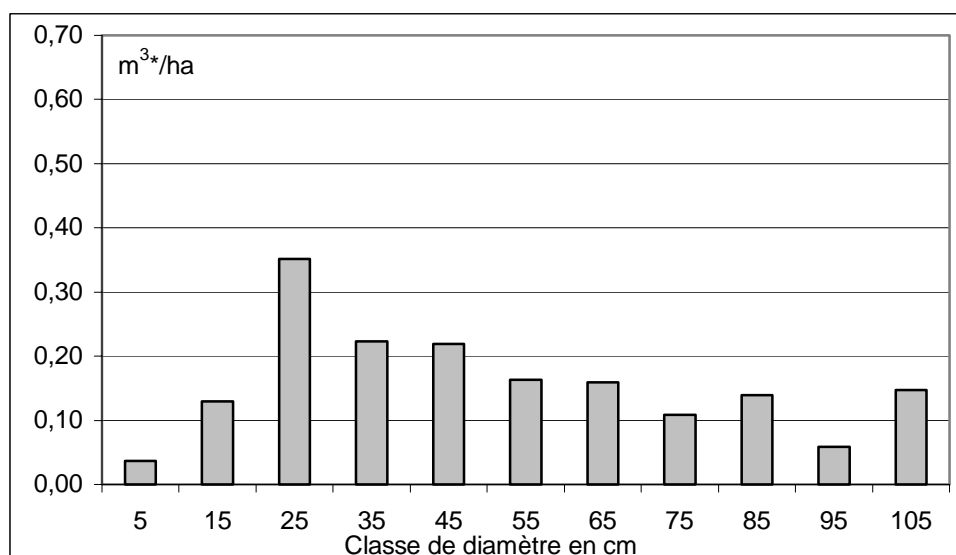
La disponibilité n'est pas très grande mais la proportion de gros arbres est importante. De plus ces bonnes propriétés et son imprégnabilité en font une essence de choix dans notre sélection.

II8 - Disponibilité du Maho coton

Pouvant atteindre de gros diamètres, les Kapokiers du genre *Eriotheca* sont déjà exploités ponctuellement. Ils constituent un bon choix pour valider ce groupe d'essences à traiter en autoclave.

La disponibilité en volume du Maho coton :

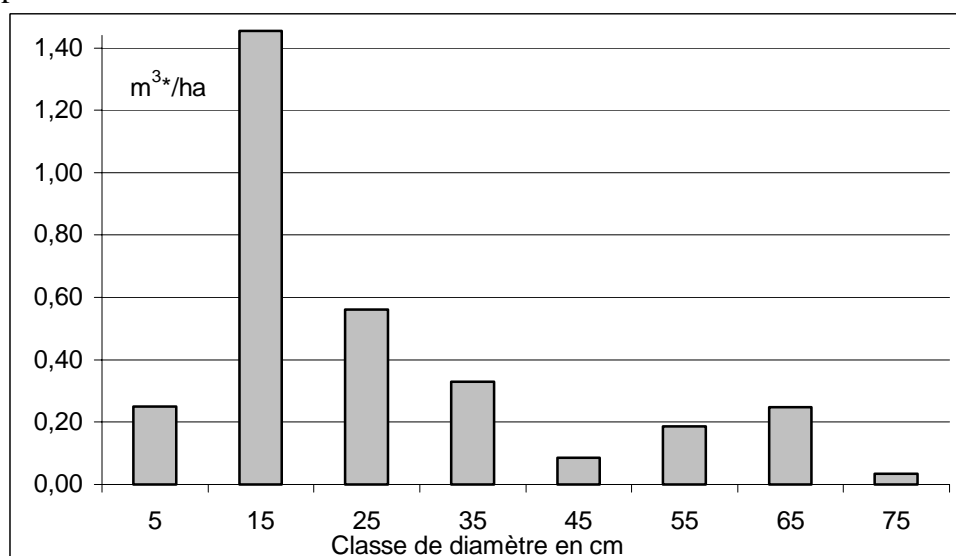
Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	0,99 m³/ha	0,70 m³/ha
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,61 m³/ha	



**Fig. 12 Estimation du volume disponible par classe de diamètre
Du Maho coton dans la forêt de Counami**

II9 - Disponibilité des Cèdres

La disponibilité des cèdres dans la forêt de Counami a été estimée à partir de huit espèces des genres *Ocotea* & *Rhodostemonodaphne*. Le volume disponible des espèces exploitables est faible 0,20 m³/ha. Toutefois, ce groupe peut avoir une importance forestière non négligeable et certaines espèces conviennent parfaitement à une utilisation en charpente. Dans une récente étude que nous avons réalisée sur les « bois blancs » de Guyane nous avons testé une espèce de cèdre appelé « cèdre blanc » ponctuellement fréquent dans les forêts de Bélison. Les résultats quant au comportement mécanique étaient très satisfaisants pour une utilisation en charpente. La densité moyenne était de 0,67 et le module élasticité longitudinal moyen de 16200 Mpa.



**Fig. 13 Estimation du volume disponible par classe de diamètre
Des Cèdres dans la forêt de Counami**

La disponibilité en volume des Cèdres :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	0,80 m³/ha	1,22 m³/ha
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,20 m³/ha	

II10 - Disponibilité du Yayamadou

Le Yayamadou est une essence populaire en Amazonie où il est largement planté, son utilisation principale est le déroulage. Bien que ne faisant pas partie de notre première sélection à partir des propriétés physiques et mécaniques. Dans le cadre de notre groupe traitement à cœur, il nous est apparu opportun de tester le yayamadou comme essence de charpente, du fait de son bon module spécifique, de son imprégnabilité et de sa fréquence en forêt primaire et secondarisée. Les deux principales essences sont *Virola surinamensis* & *Virola michelii*. La disponibilité est importante dans les diamètres de 25 à 60 cm, au-dessus de 60 cm de diamètre la disponibilité est moindre 0,5 m³/ha mais elle peut être plus importante suivant le type de forêt.

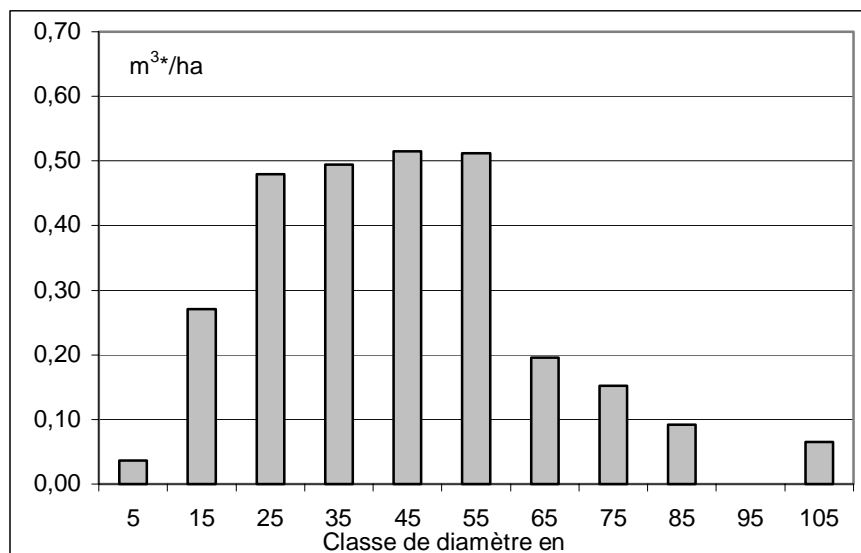


Fig. 14 Estimation du volume disponible par classe de diamètre
Du Yayamadou dans la forêt de Counami

La disponibilité en volume du Yayamadou :

Inventaires	Counami 10000 ha	ONF/CTFT 500000 ha
Diamètres supérieurs à 40 cm	1,53 m³/ha	2,03 m³/ha
Diamètres supérieurs à 60 cm	0,51 m³/ha	

II12 - Conclusion groupe traitement en autoclave

Le deuxième groupe traitement en autoclave dénombre 9 essences pour un volume potentiel disponible d'environ **3 m³/ha**. La particularité de cet ensemble est qu'il reste ouvert à d'autres essences suivant les profils dendrologiques des forêts mises en exploitation. Suivant les zones géographiques d'exploitation, on peut très bien envisager l'exploitation d'essences dont l'abondance est très localisée comme l'Acajou sauvage (*Cedrelinga cateniformis*) ou l'Arum apici (*Osteophleum platyspermum*) ou encore les espèces du genre *Trattinickia* qui ont donné des bons résultats par le passé.

III - Essais d'imprégnation par trempage

Le but de ces essais est de vérifier la quantité de produit de préservation absorbé par les essences du groupe trempage après un trempage court.

Ces trempages dits « courts » durent de quelques minutes à 1/2 heure. Ces temps ont été établis le plus souvent avec des essences européennes et on possède peu d'information sur les cinétiques d'absorption et les quantités absorbées concernant les bois de Guyane.

Le temps de trempage doit être adapté à l'essence ou bien suffisamment important pour que la quantité absorbée soit suffisante, quelque soit l'essence considérée.

Les produits utilisés actuellement en trempage court sont essentiellement des produits utilisables en mélange avec :

- Des solvants pétroliers (gas oil, pétrole,...), le produit actif est mélangé avec une quantité de solvant pétrolier indiquée par le fabricant. Comme les solvants pétroliers ne sont pas miscibles dans l'eau, le traitement des bois doit se faire sur des bois relativement sec (sec à l'air ou en séchoir). En contact avec du bois sec le solvant pétrolier pénètre dans le bois tout en entraînant le produit de préservation. Ces produits se trouvent encore sur le marché mais pour des raisons de protection environnementale, ils sont de plus en plus remplacés par des produits hydrodispersibles.
- De l'eau (produits hydrodispersibles), le produit est mélangé avec une quantité d'eau indiquée par le fabricant. Pour que le traitement soit efficace il doit être réalisé de préférence sur bois dont l'humidité est comprise entre 25 et 50 %. En effet, la migration du produit de préservation repose sur le phénomène d'osmose : le produit actif va migrer entre l'eau du bac et l'eau contenue dans le bois.

III1 - Protocole d'essais

Les essais sont réalisés sur les essences du groupe trempage (exception faite de l'Alimiao non encore disponible en scierie). Ces essences sont comparées à des essences de références imprégnables ou non imprégnables suivant la classification faite à partir d'essais d'imprégnation sous vide pression (cf. Tableau 1).

Tableau 2 : liste des essences testées

<i>Essences testées</i>	<i>Espèces</i>	<i>Imprégnabilité sous vide/pression</i>
Parcouri	<i>Platonia insignis</i>	3
Angélique	<i>Dycorinia guianensis</i>	3
Goupi	<i>Goupia glabra</i>	2
Jaboty	<i>Erisma uncinatum</i>	2
St martin jaune	<i>Hymenolobium flavum</i>	2
Gonfolo	<i>Quakea rosea</i>	2
Bois canon	<i>Cecropia sciadophylla</i>	1

Pour des raisons pratiques, les essais ont été réalisés sur des éprouvettes de dimensions 300 x 20 x 20 cm. Ces dimensions ont été définies afin de limiter « les effets de bord » c'est à dire que l'absorption par les bois de bout doit être limitée afin de reproduire au mieux ce qui se passe sur des planches grandeur d'emploi, dont la longueur est très grande par rapport à la section. Les bois de bout ont, de plus, été bouchés avec une cire pour limiter l'absorption.

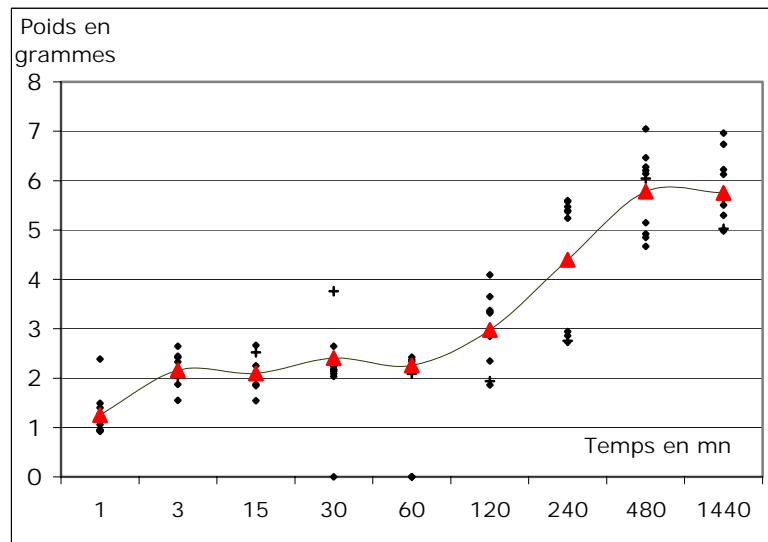
L'imprégnation a été réalisée par trempage dans un produit de préservation hydrodispersible actuellement couramment utilisé dans les scieries. Le poids des éprouvettes est relevé avant et après différents temps d'imprégnation. Chaque série est composée de 10 éprouvettes.

III2 – Résultats

A Mesure de la cinétique d'absorption

Dans ces essais nous avons mesuré la quantité de produit absorbé par une éprouvette en fonction du temps de trempage. Les résultats (fig. 15) semblent montrer deux paliers, l'un entre 3 et 60 minutes de trempage et l'autre palier au-dessus de 8 heures de trempage. Ces essais montrent qu'il n'est pas nécessaire de dépasser trente minutes en trempage court, déjà à partir de 3 minutes la quantité de produit est bonne. Par contre, pour un trempage long, après huit heures les quantités de produits sont déjà au maximum dans les conditions d'essai.

Fig 15 Absorption du produit de préservation en fonction du temps de trempage chaque point est une éprouvette différente de Gonfolo.



B Comparaison des 7 espèces testées

Fig. 16 Absorption moyenne après 60 mn de trempage pour les 7 espèces testées

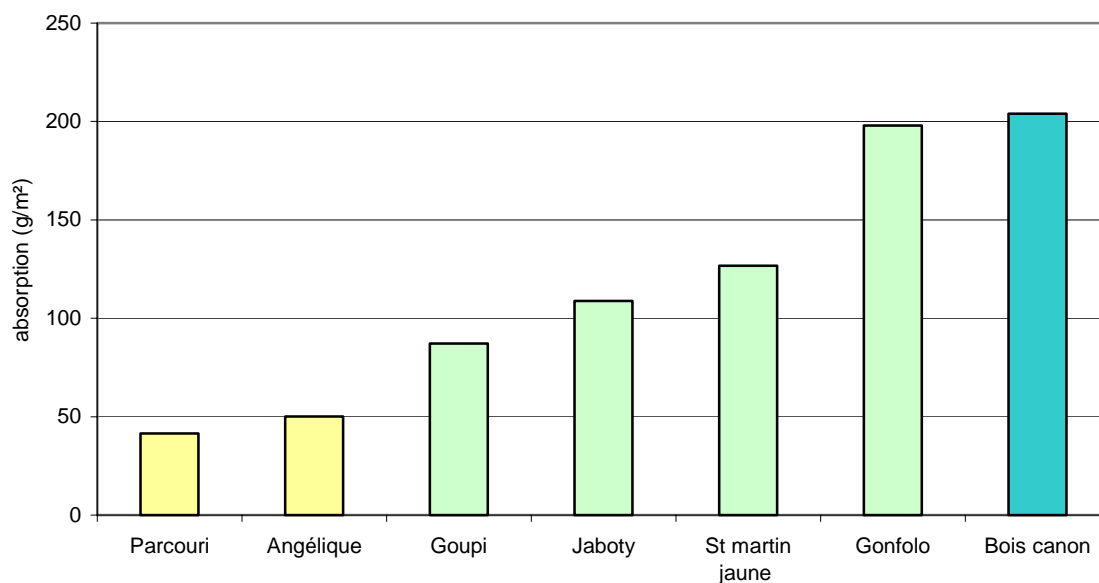


Tableau 3 récapitulatifs des absorptions par espèce

	Parcouri	Angélique	Goupi	Jaboty	St martin jaune	Gonfolo	Bois canon
<i>Absorption max (g/m²)</i>	45	57	107	112	136	214	317
<i>Absorption min (g/m²)</i>	37	45	71	104	115	178	141
<i>Absorption moy (g/m²)</i>	41	50	87	109	127	198	204
<i>Coefficient de variation %</i>	6,3%	6,0%	14,7%	2,6%	4,9%	5,8%	29,0%

Aux vues des résultats présentés figure 16, on s'aperçoit que le classement des essences est assez comparable aux résultats obtenus à partir des essais vide pression (Tableau 2). Cependant, le Gonfolo et plus précisément l'espèce *Qualea rosea* semble avoir une très bonne absorption de produit par trempage, puisqu'il se place aussi bien qu'une essence bien imprégnable comme le Bois canon.

La variabilité des essais est satisfaisante dans l'ensemble, celle du bois canon est un peu plus élevée du fait que l'aubier n'a pas été différencié sur cette espèce. Il est fort probable que le coefficient de variabilité de 30 % chez cette espèce, est lié à la présence d'éprouvettes prélevées à la fois dans le duramen et dans l'aubier.

III3 - Conclusion

Le Gonfolo semble avoir une aptitude particulière au traitement par trempage dans les produits hydrodispersables. Le Goupi et le Jaboty ont une absorption moyenne du produit de traitement. Cette absorption est toutefois suffisante pour que ces essences puissent être mises en œuvre en Guyane dans les conditions de la classe de risque biologique 3A.

Le fait que le Gonfolo ait, à la fois, une certaine résistance biologique aux agents de dégradations et une bonne imprégnabilité aux produits hydrodispersables, explique sa popularité. Les bonnes propriétés de durabilité conférées du Gonfolo confortent notre position sur la nécessité de traiter les essences non durables en autoclave afin d'obtenir des produits au-moins aussi durable que le Gonfolo traité.

IV – Essais en dimension d'emploi

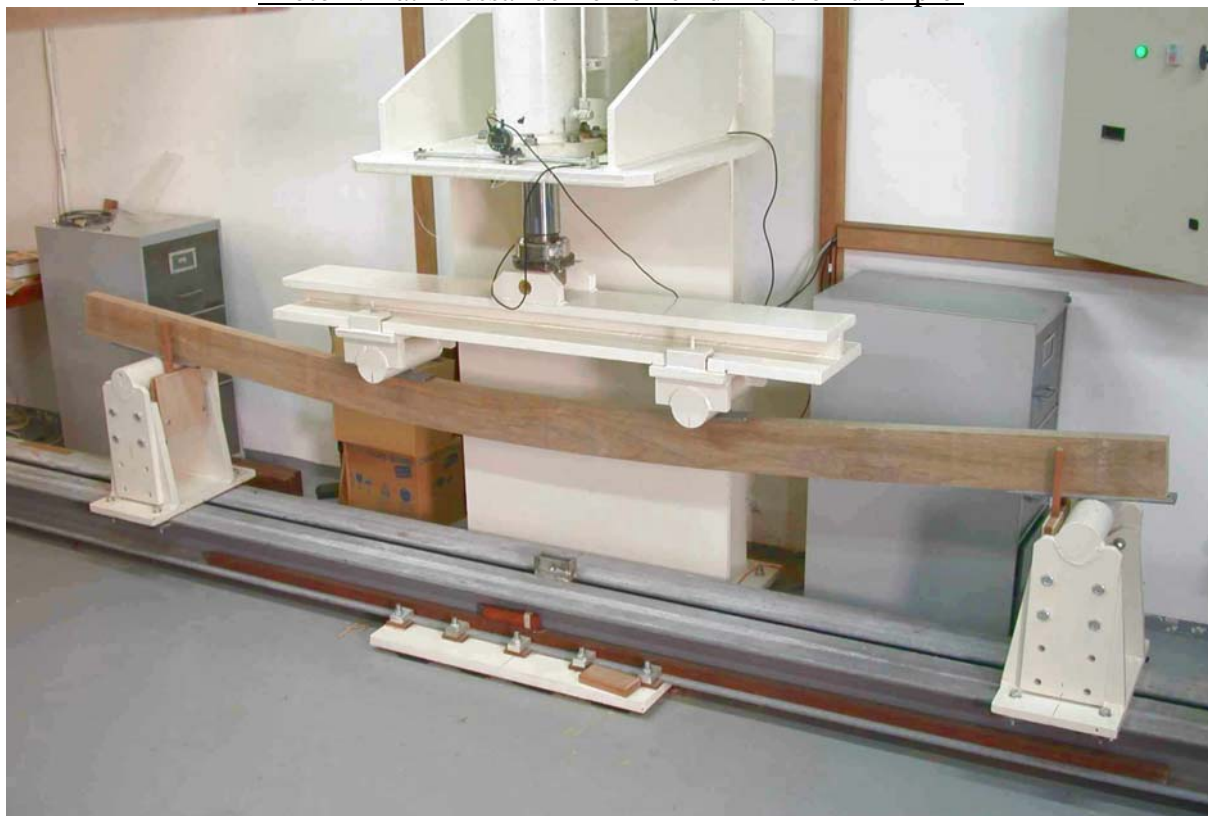
L'objectif de ces essais est de caractériser les bois de Guyane utilisés en charpente selon les nouvelles méthodes d'essai européennes. Ces méthodes consistent à tester les bois en grandeur d'emploi et d'établir les contraintes caractéristiques qui sont utilisées dans les nouveaux codes de calcul des structures. Les essais sur des pièces en dimensions d'emploi permettent de tester mécaniquement la pièce dans son ensemble avec ces défauts après un classement visuel préalable. Pour déterminer la contrainte caractéristique d'une essence donnée, il faut le plus de pièces et de provenances possibles. Nous nous sommes imposés un minimum de 3 provenances et de 50 pièces par provenance pour avoir des résultats suffisamment fiables.

IV1 - Description de l'essai

L'essai en dimension d'emploi que nous avons réalisé est un essai de flexion circulaire jusqu'à la rupture sur des chevrons de dimension 150 x 55 x 3500 mm³. L'entraxe inférieur est de 3 mètres entre appuis et l'entraxe des appuis supérieurs est de 1 mètre. Les chevrons sont testés sur champs en général brut de sciage. Toutefois, si la pièce est trapézoïdale ou s'il y a des défauts de sciage important, les champs sont rabotés. Dans le cas du Yayamadou les pièces ont été rabotées pour améliorer le classement visuel.

Ces essais sont conformes à la norme européenne NF EN 408 : Structure en Bois, Bois massif et bois lamellé –collé.

Photo1 : Bâti d'essai de flexion en dimension d'emploi



IV2 - Résultats sur le Gonfolo

Les essais en dimensions d'emplois ont été réalisés sur 162 pièces de Gonfolo prélevés sur trois provenances différentes. Les densités des pièces sont comprises entre 0,60 et 0,82 avec une moyenne de 0,71.

Type de rupture :

Pour la plupart des essais, la rupture a eu lieu dans la partie tendue lors de l'essai de flexion. La valeur limite du cisaillement longitudinal est dépassée, à la faveur d'un petit défaut du bois une fissure se propage dans le sens longitudinal en suivant le fil du bois (cf photo 2).

Résistance mécanique du Gonfolo en flexion :

Sur les 162 essais réalisés sur le Gonfolo, la contrainte à la rupture varie de 40 à 110 Mpa, la moyenne se situant au alentour de 71 Mpa. Après détermination du cinquième pourcentile de l'échantillonnage, on obtient une classe de résistance en flexion pour le Gonfolo toutes classes visuelles confondues de **D40**.



Photo2 : Rupture d'une poutre de Gonfolo

Bien qu'il n'ait pas statistiquement d'effet provenance, la figure 17 montre qu'une population provenant de la crique « deux flots » a une valeur de contrainte à la rupture particulièrement élevée, supérieure ou proche de 100 Mpa.

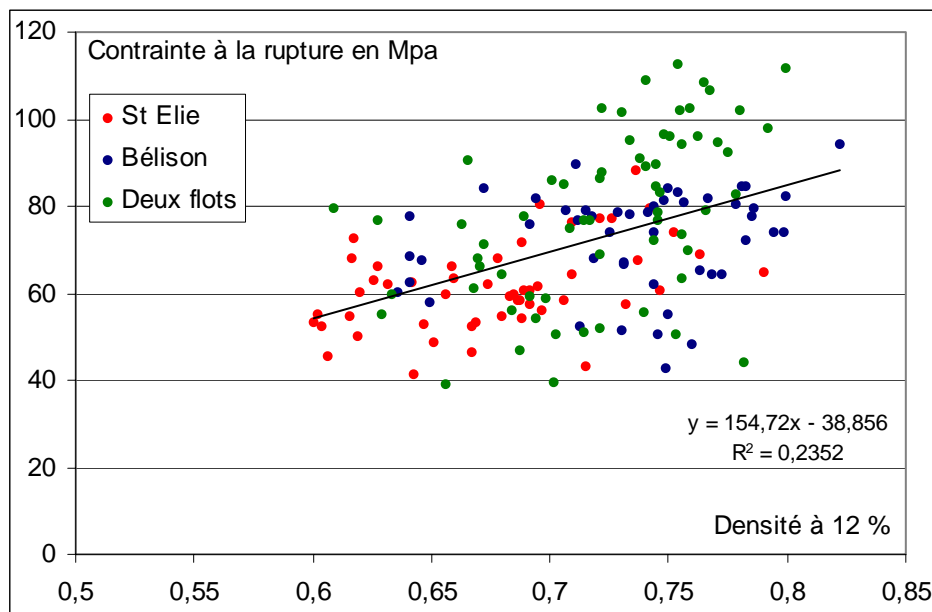


Fig 17 Relation entre la contrainte à la rupture et la densité des trois provenances de Gonfolo

Rigidité du Gonfolo en flexion :

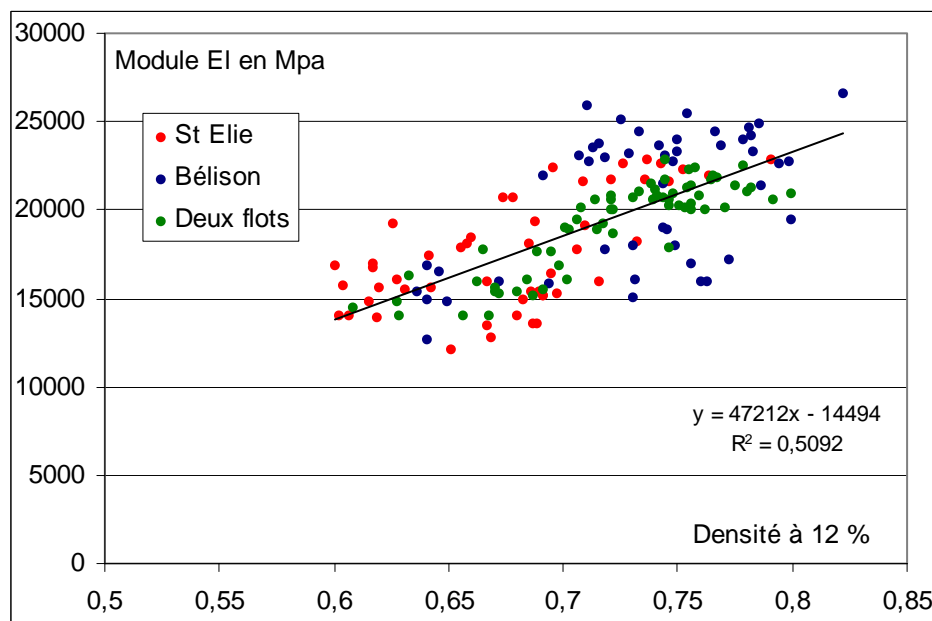


Fig 17 Relation entre module d'élasticité et la densité des trois provenances de Gonfolo

L'estimation du module d'élasticité longitudinale a été faite à l'aide de six chargements sur chaque poutre, trois sur une rive trois sur l'autre. La mesure de déformation est effectuée au centre de la poutre entre les deux appuis supérieurs à l'aide d'un comparateur Mitutoyo monté sur un bâti 3 points donnant un plan de référence. Le chargement est de 7 kN pour le Gonfolo et de 2 kN pour le Yayamadou.

La valeur du module d'élasticité mesuré sur les 162 poutres de Gonfolos varie de 12000 à 26000 Mpa avec une moyenne de 19000 Mpa. La valeur du module caractéristique calculée à partir de la norme EN 384 est de 14260 Mpa.

Les valeurs des trois populations sont bien réparties dans le nuage de points (cf. fig. 17). La relation module densité est assez bonne pour ce type d'essai sur des pièces avec défauts. La densité explique 50 % de la variabilité du module d'élasticité.

IV3 - Essais sur Yayamadou

Les essais sur le Yayamadou sont, dans un premier temps, prospectifs. L'enjeu de ces essais est de vérifier que le Yayamadou, et à fortiori toutes les essences de la sélection bois à traiter en autoclave, ont les qualités mécaniques requises pour être utilisé dans la plupart des usages en charpente. Nous avons réalisé 20 essais sur une seule provenance pour cette espèce.

Type de rupture :

Le déroulement de l'essai de rupture n'est pas le même que sur un bois dense comme le Gonfolo. La flèche totale à la rupture est importante : 100 mm en moyenne sur un entraxe de 3000 mm entre appuis. Dans un premier temps vers 50-60 mm de flèche la partie supérieure comprimée de la poutre voit apparaître des endommagements de la structure (photo 3) repartit au milieu puis progressivement tout au long de la partie comprimée. Ces endommagements correspondent à des flambements des cellules du bois qui se propagent dans le plan transversal jusqu'au milieu de la poutre, ce processus est irréversible. Ensuite la poutre rompt au niveau d'une de ces bandes d'écrasement (photo 4)



Photo 3 Flambement transversal de la partie comprimée de la poutre de Yayamadou

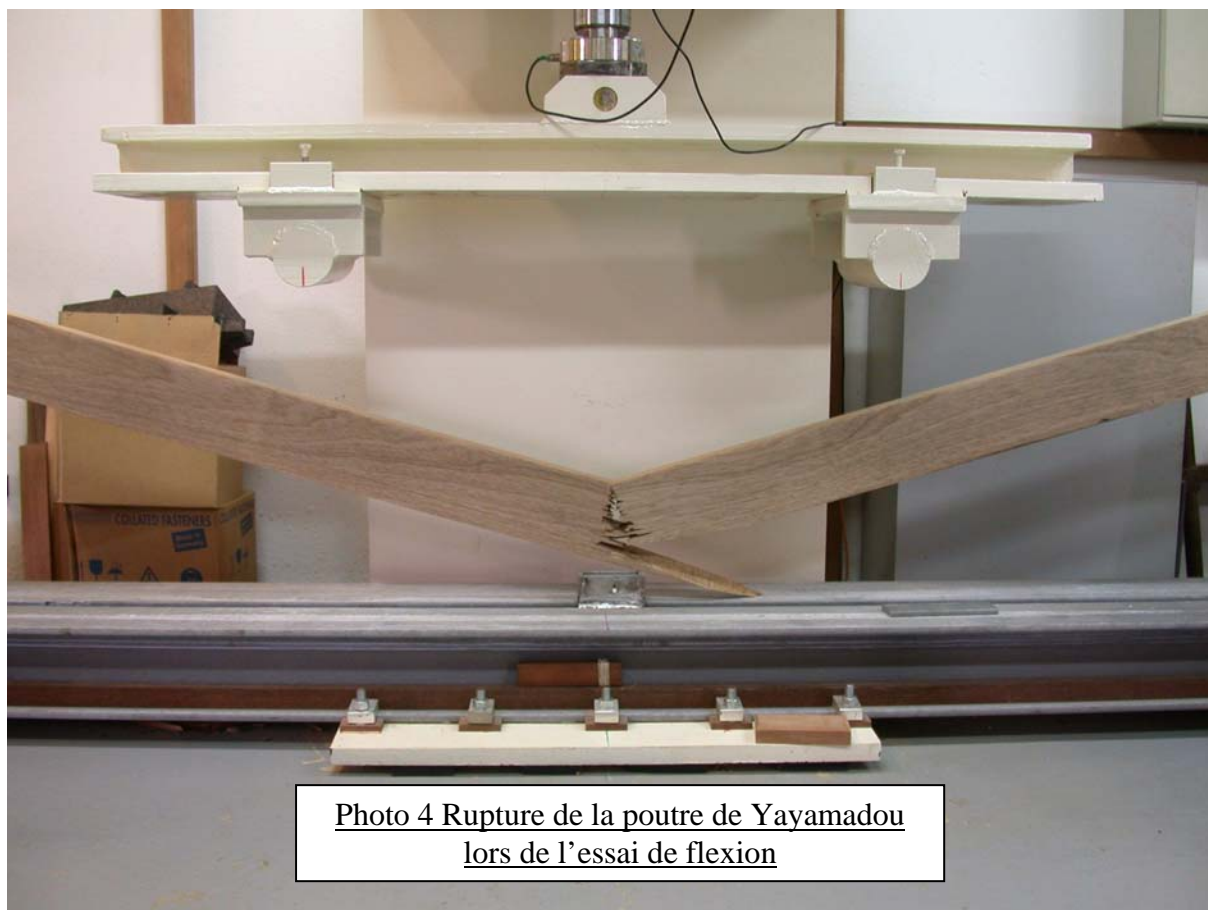


Photo 4 Rupture de la poutre de Yayamadou
lors de l'essai de flexion

Effet des altérations biologique du Yayamadou

Le Yayamadou est une essence très sensible aux agents de dégradations aussi bien champignons qu'insectes. En forêt, les premières attaques des coléoptères responsables des piqûres noires ont lieu 48 heures après l'abattage. Ces coléoptères transportent des spores de champignons ascomycètes responsables du bleuissement du bois. Le bleuissement n'a pas d'effet sur la résistance mécanique du bois, les champignons n'attaquent que le contenu des cellules. Par contre si l'humidité se maintient et que le bois n'est pas traité, on peut voir se développer dans les billes ou dans les débits mal ventilés des champignons de pourriture blanche qui dégrade rapidement la structure du bois.



Photo 5 : Les galeries d'insectes lorsqu'elles sont transversales peuvent être une zone privilégiée de rupture

Toutes pièces de bois que nous avons testé étaient attaquées par le champignon responsable du bleuissement. Nous avons procédé à un traitement de surface par trempage pour arrêter les autres attaques.

Il est impératif de limiter le plus possible les attaques biologiques et de procéder à un classement tenant compte de ces défauts d'altération comme cela est le cas sur l'Ayous (*Triplochiton scleroxylon*), par exemple, dans les pays de l'Afrique de l'Ouest.

Résistance mécanique du Yayamadou en flexion :

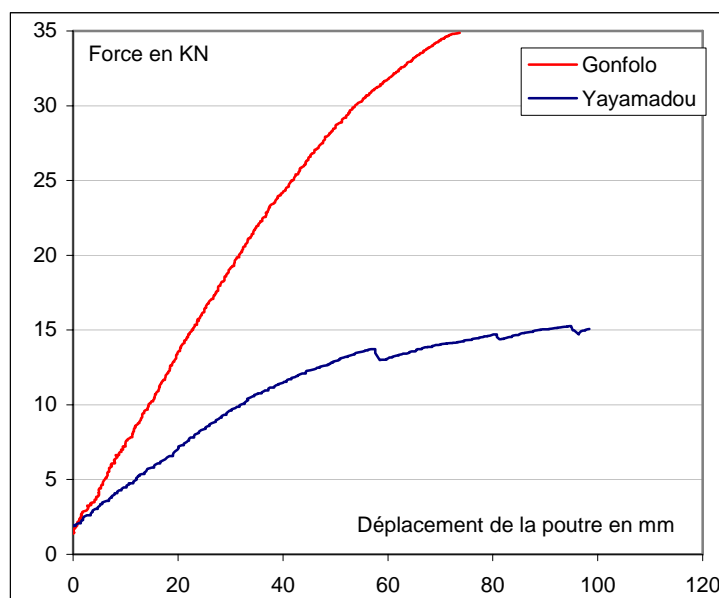


Fig. 18 Comparaison d'essai brute charge/déplacement d'une poutre de Yayamadou et d'une poutre de Gonfolo

La figure 18 montre assez bien les effondrements successifs en compression de la poutre lors de l'essai sur le Yayamadou. Chaque pic de force correspond au moins à un effondrement. Sur cette poutre de Yayamadou, la rupture de la poutre a eu lieu pour un déplacement de 100 mm et une force de 15 kN. Le Gonfolo est un peu moins « ductile », dans cet essai, la rupture a eu lieu à 35 kN pour une flèche de 73 mm de la poutre.

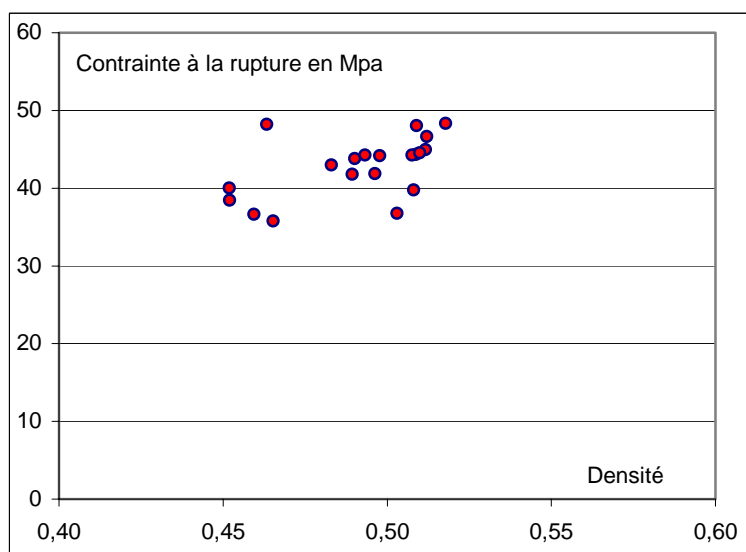


Fig. 19 Relation entre la contrainte à la rupture et la densité pour les 20 poutres de Yayamadou

Notre échantillonnage étant assez réduit pour les essais sur le Yayamadou, la variabilité de la densité est faible de 0,45 à 0,52 avec une moyenne à 0,47 (cf. fig. 19). Les valeurs de contraintes à la rupture sont très satisfaisantes puisqu'elles varient de 48 à 36 Mpa, avec une valeur moyenne de **42,7 Mpa**. Bien que ces résultats ne soient pas définitifs ni extrapolables outre mesure du fait de la petitesse de l'échantillonnage, on peut espérer (en multipliant cet échantillonnage par 5) une classe de résistance en flexion **comprise entre D30 et D25**.

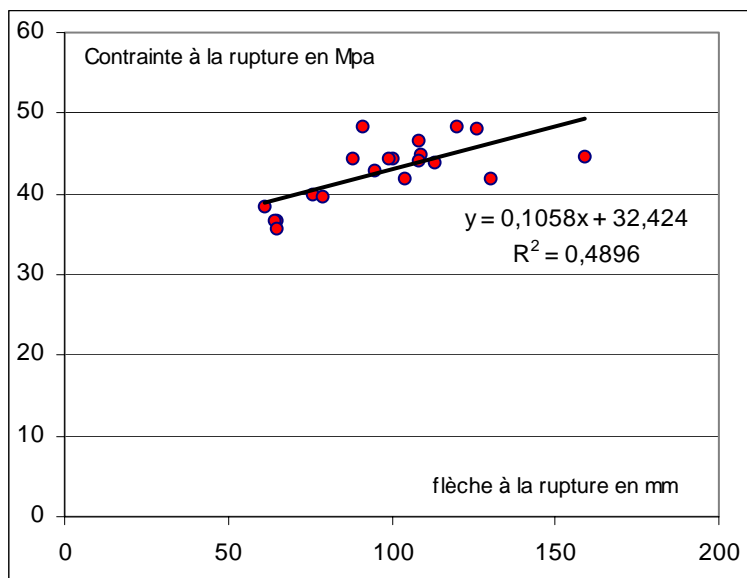


Fig. 20 Relation entre la contrainte à la rupture et la flèche à la rupture pour les 20 poutres de Yayamadou

La figure 20 montre relativement bien que plus la contrainte à la rupture est faible, plus la rupture de la pièce est fragile (la flèche à la rupture est petite) et inversement plus la contrainte à la rupture est élevée plus la pièce de bois à un comportement ductile.

Rigidité du Yayamadou en flexion :

La valeur moyenne du module d'élasticité mesuré sur les poutres de Yayamadou est de 11400 Mpa avec une plage de variation de 13400 à 9000 Mpa (fig. 21). Ces résultats correspondent bien avec ceux de la littérature. On peut estimer que la valeur du module caractéristique sera comprise entre **8500 et 9500 Mpa**.

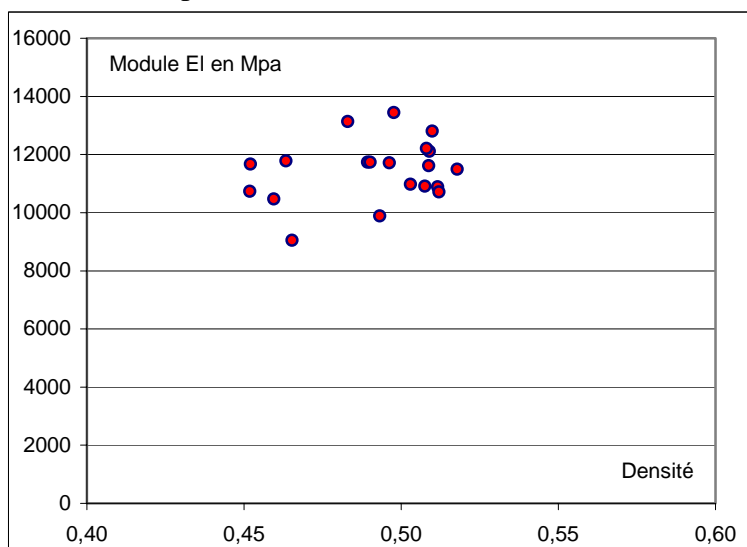


Fig. 21 Relation entre module d'élasticité et la densité pour les 20 poutres de Yayamadou

V – Essais pourriture molle prénorme ENV 807

Nous avons présenté cet essai dans le premier rapport de cette étude, le principe est simple, il consiste à planter des petites éprouvettes dont la masse surfacique est faible ($5 \times 10 \times 100 \text{ mm}^3$) dans des bacs de terreensemencés avec du sol naturel dont l'humidité est en permanence proche de sa capacité maximale de rétention en eau. Les bacs sont maintenus à l'abri de la lumière pendant une période de 16 à 24 semaines au maximum.

V1 Protocole d'essai

Dans cette partie, nous ne présenterons que les essais sur l'efficacité du traitement de préservation sur le Yayamadou.

Dans cet essai, nous avons réalisé 76 éprouvettes d'essais dans un billon de Yayamadou prélevé en forêt de Paracou. Ces éprouvettes sont réunies en lots prélevés dans des zones distinctes du billon :

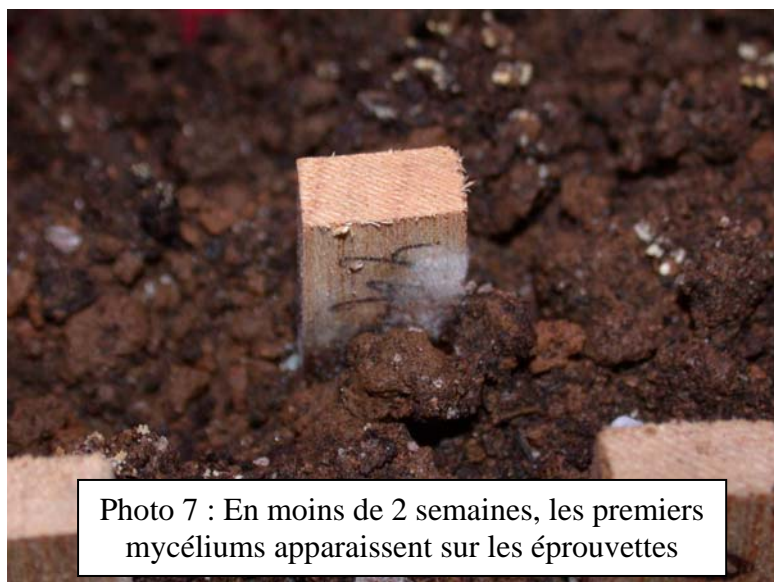
- 30 dans l'aubier (l'aubier n'étant pas distinct du duramen, sa localisation est mise en évidence par un réactif colorant l'amidon en noir)
- 26 dans le duramen intermédiaire
- 21 dans le duramen interne

La moitié de chacun des lots est imprégné dans une cloche à vide par une solution de produit de préservation du commerce. L'imprégnation moyenne par cette technique était de 310 kg/m^3 . Ce produit couvre, dans ces conditions d'application et d'absorption, la classe de risque biologique 3B.

Les éprouvettes identifiées, stabilisées sont pesées puis ensuite plantées dans le bac d'essai. Le poids du bac est vérifié et complété en eau toutes les semaines pour que le sol reste proche de sa capacité de rétention en eau. Pour déterminer l'humidité de stabilisation de départ, 20 éprouvettes ont été sélectionnées dans les mêmes zones et stabilisées dans la même pièce (chambre climatique) que les 76 autres.

Photo 6 : essai d'efficacité du traitement sur le Yayamadou





V2 Résultats

Pour chaque lot, aubier, duramen interne et duramen externe, un échantillonnage de 2 à 4 éprouvettes traitées et témoins sont prélevés après 3, 6, 9 et 12 semaines d'expositions. Chaque éprouvette est soigneusement brossée et placée à l'étuve. On pèse sa masse anhydre et à partir de sa masse initiale et de l'humidité de stabilisation en chambre climatique, on calcule sa perte de masse.

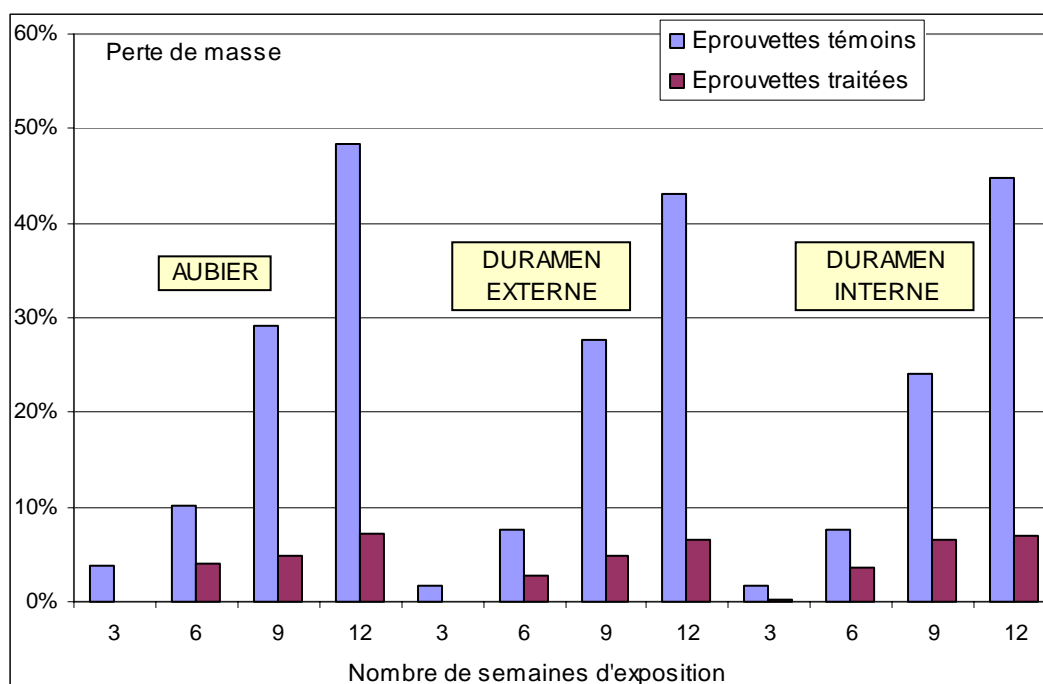


Fig. 22 Comparaison de la perte de masse entre les éprouvettes traitées et non traitées en fonction de la durée d'exposition et de la position dans le billon.

La figure 22 montre clairement l'efficacité du traitement sur le Yayamadou puisqu'après une exposition de 12 semaines les éprouvettes témoins ont en moyenne une perte de masse supérieure à 45 %, alors que pour la même période, les échantillons traités ont en moyenne moins de 7 % de perte de masse. Les échantillons témoins situés dans l'aubier se dégradent un peu plus vite que ceux situés dans le duramen. Si l'on fait le rapport des deux pertes de masse, on obtient en se référant aux classements de la Norme ENV 807, une classe de durabilité conférée de 2 (bois durable) pour le Yayamadou traité avec le produit commercial utilisé. Le traitement donne au Yayamadou une durabilité suffisante pour être utilisé en charpente dans les conditions de risque de la Guyane.

VI– Conclusion et perspective de l'étude

L'industrie de la première transformation de la filière bois guyanaise traverse une période difficile pour plusieurs raisons :

- Difficultés croissantes pour obtenir les subventions européennes permettant l'ouverture des pistes forestières
- Diminution des surfaces exploitées
- Eloignement progressif des zones d'exploitation des scieries
- Ouverture des frontières physiques avec le Brésil
- Pressions des prix attractifs des pins traités

Il semble indispensable de trouver un nouveau souffle, si l'on veut espérer que cette filière soit porteur d'avenir et d'emploi.

L'exploitation des bois non durables pour la construction locale, sans être une solution miracle, est une solution d'avenir. En effet, elle répond à la fois à un besoin actuel puisque d'après notre estimation elle apporterait 3 m³/ha, mais aussi elle préparerait l'avenir en apportant les solutions techniques à l'exploitation des forêts anthropisées plus riches en essences périssables que les forêts primaires. Deux conditions sont alors nécessaires à cette évolution :

- Adapter les techniques d'exploitation et de gestion des stocks pour réduire au maximum le temps entre l'abatage et le sciage
- Equiper les industries en autoclave

En attendant cette évolution, le premier groupe de notre sélection (Jaboty, Alimiao, Goupi) est un bon complément à l'utilisation du Gonfolo sans bouleverser le type d'exploitation actuelle.

Les perspectives de cette étude sont de valider ces groupes d'essences dans la construction. En les complétant le mieux possibles par des essais mécaniques et de préservation, afin d'obtenir le crédit de tous les acteurs de la filière.

Bibliographie

Amusant N. (2003)

Durabilité naturelle et couleur des bois de Guyane : mesure, variabilité, déterminisme chimique. Thèse de doctorat, science du bois, ENGREF 244 p

Bena P. (1960)

Essences forestières de Guyane.
Office National des Forêts, 497 p.

C.T.F.T. (Centre Technique Forestier Tropical) (1989)

Bois des DOM-TOM, tome I : Guyane.
CIRAD, Montpellier 226 p.

C.T.F.T. (Centre Technique Forestier Tropical) (1988)

Bois de Guyane française : « résistance naturelle et imprégnabilité »
CIRAD, Montpellier, rapport interne.

Delage P., Montcerisier H., Netter P. (1995)

Audit de la filière bois en Guyane.
Direction de l'Agriculture et de la forêt de Guyane - à paraître

Gérard, J., Miller, R.B. et Welle, B.H.J.(1996).

Major timber trees of Guyana - Timber characteristics and utilization,
The Tropenbos Foundation. Wageningen, The Netherlands Backhuys Publishers.

Simonnet J. (1991).

Etude sur le traitement des bois à Cœur aux Antilles-Guyane.
Rapport Chambre des Métiers de Guadeloupe 108p.

Van Acker, J., Militz, H. et Steven, S. (1999).

"The significance of accelerated laboratory testing methods determining the natural durability of wood." *Holzforschung*. **53**(5): 449-458.

Normes consultées EN 338, EN 408, EN 384, NFB 52-001, ENV 807.